

Letzte Änderung: 09/13/1999 20:58:57

---

## Was ist ein Ökosystem ?

---

Der Ausdruck Ökosystem wurde 1935 durch den britischen Ökologen A. G. TANSLEY geprägt. Er definierte damit eine Einheit, die alle Organismen in einem gegebenen Areal, sowie deren Beziehungen zur anorganischen Umwelt umfaßt. Die Organismen innerhalb eines Ökosystems bilden eine Lebensgemeinschaft, eine Biozönose; ihre unbelebte Umwelt bezeichnet man als Lebensraum oder Biotop. Die Gesamtheit aller Ökosysteme auf der Erde ist die Biosphäre.

Ökosystem ist ein operationaler Begriff, denn er beschreibt Einheiten, die weniger klar zu fassen sind als etwa ein Molekül, eine Zelle oder eine Art. Es liegt daher im Ermessen eines Bearbeiters, was er als Ökosystem bezeichnet. So können beispielsweise ein See, ein Schilfgürtel, ein Wald oder ein Getreidefeld als ein solches definiert und beschrieben werden. Wie sich aus der Systemtheorie ableiten läßt, kann jedes System aus einer Anzahl von Teilsystemen bestehen. Es hängt daher vor allem von praktischen Erwägungen ab, mit welcher Komplexitätsstufe man sich auseinandersetzen möchte.

Es wird daher zwischen einfach und komplex strukturierten, zwischen aquatischen und terrestrischen, zwischen natürlichen und vom Menschen beeinflussten Ökosystemen unterschieden. Zu den außergewöhnlich komplexen, d.h., besonders artenreichen Systemen gehören der tropische Regenwald und die Korallenriffe.

Systeme sind bekanntlich mehr als nur die Summe von Leistungen der Systemelemente (Glieder), denn zwischen ihnen bestehen zahlreiche, oft spezifische und fast immer geregelte Beziehungen. Geregelte Systeme wiederum sind durch Rückkopplungen und damit durch einen hohen Grad an Stabilität gekennzeichnet. Sie sind daher gegenüber Störungen weitgehend unempfindlich. Je höher die Zahl der Systemelemente und die Zahl der Wechselwirkungen untereinander ist, desto wirkungsvoller können Schwankungen ausgeglichen werden. Und doch hat jedes System nur eine beschränkte Kapazität. Es gibt eine Kapazitätsgrenze, nach deren Überschreiten es entweder nicht mehr in seine ursprüngliche Ausgangslage zurückkehrt oder sogar irreversibel zerstört wird (Regelkatastrophe). Ökosysteme mit nur wenigen Systemelementen sind extrem stör anfällig. Man denke dabei nur an eine Fichtenmonokultur oder ein Getreidefeld. Das Gleichgewicht in ihnen kann nur durch stabilisierende (energieaufwendige) Maßnahmen (Einsatz von Insektiziden u.a.) aufrechterhalten werden. Andererseits können sie nach einer Zerstörung unschwer neu errichtet werden. Komplexe Systeme sind zunächst einmal sehr stark belastbar. Sie verfügen über eine hohe Pufferkapazität. Eine Zerstörung hingegen kann nicht wieder rückgängig gemacht werden. Ein einmal zerstörter tropischer Regenwald oder ein einmal zerstörtes Korallenriff sind für immer verloren.

Natürliche oder naturnahe Ökosysteme haben dem Einfluß der Menschen über Jahrhunderte standgehalten, doch immer deutlicher zeichnet sich ab, daß die Grenzen der Belastung erreicht, oft sogar überschritten sind. Die Ökologie ist daher im vergangenen Jahrzehnt in steigendem Maße ins Licht der Öffentlichkeit gerückt. Umweltschutz wurde zu einem zentralen Thema der Innenpolitik der Bundesrepublik und anderer Industrienationen. Viele Studenten studieren nur deshalb Biologie, weil sie an Umweltfragen interessiert sind, doch die Mehrzahl von ihnen erlebt Enttäuschungen, weil Studieninhalte, politisches Tagesgeschehen und manche persönlichen Vorstellungen nicht miteinander in Einklang zu bringen sind.

Die Ökologie kann keine politischen Probleme lösen, kann vor allem keine schnelle Entscheidungshilfe anbieten, um kurzfristig auftauchende Fragen zu beantworten. Man muß, wenn man in einer menschlichen Gesellschaft etwas erreichen möchte, wissen, wie sie strukturiert ist, wie sie funktioniert, wer die Entscheidungsträger sind, welche Veränderungen durchsetzbar sind und wie man Änderungsprozesse am wirkungsvollsten einleitet. Erfolge, die durch Organisationen wie Greenpeace u.a. erzielt werden, haben maßgeblich dazu beigetragen, ein Umweltbewußtsein unter Politikern und in der Öffentlichkeit zu wecken, doch sind sie kein Ersatz für ein Studium der Ökologie, andererseits qualifiziert ein Biologiestudium mit Schwerpunkt Ökologie niemanden als Politiker oder Greenpeace-Mitarbeiter.

Ökologie ist eine integrierende Wissenschaft. Ökologisches Arbeiten ist ein Unterfangen, bei dem langjährige Berufserfahrung, ein Detailwissen über Pflanzen, Tiere oder Mikroorganismen, eine fundierte Artenkenntnis und/oder das Beherrschen physikalischer und chemischer Meßmethoden mehr zählen als spontanes politisches Handeln. Kaum jemand verfügt über alle aufgeführten Voraussetzungen. Eine Kooperation zwischen Wissenschaftlern unterschiedlicher Fachrichtungen ist daher der sinnvollste Weg, um sich dem Ziel zu nähern;

Ein System kann in eine Anzahl von Systemelementen untergliedert werden. Wichtig ist dabei die Unterscheidung von Systemelementen auf gleicher Hierarchieebene von solchen auf unter- bzw. übergeordneten Ebenen. Systeme auf untergeordneter Ebene sind Teilsysteme eines höherrangigen Systems. Lebende Systeme z.B. lassen sich in folgender Hierarchie anordnen:

Zellen - Vielzellige Organismen - Lebensgemeinschaften - Ökosysteme.

Das System "Zelle", das hier auf rangniedrigster Stufe steht (Zellen sind die Grundeinheit aller Lebewesen), ist seinerseits aus nichtlebenden Molekülen aufgebaut. Aufgrund ihrer Komplexität und Größe unterscheidet man zwischen den kleinen Molekülen und den Makromolekülen. Makromoleküle können in der Zelle (oft unter Mitwirkung kleiner Moleküle) zu supramolekularen Komplexen vereint sein: den Ribosomen, Chromosomen, Membranen u.a. Auf nächst höherer Organisationsstufe stehen die Organellen: Mitochondrien, Chloroplasten u.a.

kleine Moleküle

Makromoleküle

Organellen

Alle diese Komponenten einschließlich aller Wechselwirkungen, die sie untereinander eingehen, machen die Systemeigenschaften einer Zelle aus. Um das System "lebende Zelle" zu erklären, bedarf es daher neben einer vollständigen Liste aller Komponenten (Art und Anzahl) einer Liste aller Wechselwirkungen, mit anderen Worten aller Stoffwechselaktivitäten der Zelle. Diese Forderungen übersteigen unsere Möglichkeiten, und wir müssen uns daher vorerst mit Teilantworten begnügen. Wie wir aber noch sehen werden, stehen uns mit der Systemtheorie Möglichkeiten zur Verfügung, auch unvollständige Datensätze als Basis für zuverlässige Aussagen zu nutzen.

Stoffwechsel

Lebende Systeme sind unentwegt darauf angewiesen, Energie und Nährstoffe aus ihrer Umgebung aufzunehmen, Exkretionsprodukte abzugeben und in einer bestimmten Weise zu reagieren. Zellen sind daher ebenso wie alle anderen biologischen Systeme als offene Systeme zu klassifizieren, die sich durch Ein- und Ausgänge (bzw. Eingangs- und Ausgangssignale) und ein zwischengeschaltetes Übertragungselement (einen Wandler) auszeichnen. Sie befinden sich niemals in einem stationären, sondern stets in einem Fließgleichgewicht (steady state). Solange wir nichts darüber wissen, was sich in einem Übertragungselement (in unserem Falle wäre das die Zelle) tut, kann man es im Sinne der Systemtheorie als black box betrachten. Durch die Beziehung zwischen Eingangs- und Ausgangssignal charakterisiert man einen Informationsfluß durch das System. Über den Eingang kann eine physikalische oder chemische Energie auf ein System einwirken und damit gewisse Änderungen in ihm hervorrufen, die über den Ausgang wiederum in Form physikalischer oder chemischer Energie auf andere Systeme oder Systemelemente einwirken können. Für eine kybernetische (systemanalytische) Betrachtungsweise ist jedoch weder die innere Struktur des Übertragungssystems (im Fall Zelle: die oben aufgeführten Forderungen) noch die Energieform wichtig. Entscheidend ist allein der zeitliche Verlauf von Eingangs- und Ausgangssignal sowie der Zusammenhang zwischen beiden Signalen.

Übertragungselemente bzw. -systeme arbeiten im einfachsten Fall linear; Eingangs- und Ausgangssignal wären damit einander proportional. Ihre Arbeitsweise ist in der Regel jedoch wesentlich komplexer, wodurch das Ausgangssignal in seiner Form merklich verändert wird. Solche Formveränderungen lassen sich mathematisch erfassen und können durch Gleichungen beschrieben werden, wobei es sich vornehmlich um Differential- und Integralgleichungen erster oder höherer Ordnung handelt. Demzufolge kann das Ausgangssignal jede beliebige Form annehmen.

Zu den Systemeigenschaften einer pflanzlichen Zelle gehört u.a. das Wachstum. Wir können es daher als einen Ausgang betrachten. Als Eingänge wären chemische und physikalische Größen (Nährstoffe, Licht, Temperatur u.a.) zu berücksichtigen. Da eine pflanzliche Zelle im Gewebeverband selbst aber auch nur ein Teilsystem ist, hängt ihre Reaktion auch vom Verhalten benachbarter Zellen ab. Wie wir bereits gesehen haben, kann Wachstum allein schon deshalb nicht durch eine konstante Größe charakterisiert werden, und es gibt auch keine mathematische Formulierung, die für alle Zellen in einem pflanzlichen Gewebe gleichermaßen verbindlich wäre.

Ein ganz wichtiger Faktor der Beschreibung von Übertragungssystemen ist die Zeit. Ein Eingangssignal kann zeitlich verzögert zu einem Ausgangssignal führen. Übertragungssysteme können daher - sofern sie selbst komplex strukturiert sind - über ein Gedächtnis verfügen, in dem Eingangssignale additiv oder multiplikativ verrechnet werden.